

Écoles-chercheurs
INRA



Conception de systèmes horticoles innovants

Bases biologiques,
écologiques et socio-économiques

Sous la direction de
Pierre-Éric Lauri



Dans la même collection

— N° 0 —

Méthodes statistiques bayésiennes

Bases théoriques et applications en alimentation, environnement et génétique

Sous la direction de David Makowski

— N° 1 —

Conception d'idéotypes de plantes pour une agriculture durable

Sous la direction de Philippe Debaeke et Bénédicte Quilot-Turion

École-chercheurs INRA-CIRAD

Conception de systèmes horticoles innovants

Bases biologiques,
écologiques et socio-économiques

Aude Alaphilippe, Jean-Charles Bouvier, Jean-Philippe Deguine, Pierre Franck,
Claire Lamine, Pierre-Éric Lauri, Claire Lavigne, Fabrice Le Bellec, Pierre-Yves Le Gal,
Magalie Lesueur-Jannoyer, Éric Malézieux, Sandrine Maugin, Paule Moustier,
Mireille Navarrete, Frédéric Normand, Jérôme Olivares, Laurent Parrot, Servane Penvern,
Daniel Plenet, Alain Ratnadass, Serge Simon, Sylvaine Simon, Marc Tchamitchian,
Ludovic Temple, Cécile Thomas, Jean-François Toubon, Muriel Valantin-Morison, Faustin Vidogbena

Directeur de la publication

Pierre-Éric Lauri

Coordination

Pierre-Éric Lauri, Mireille Navarrete, Laurent Parrot, Sylvaine Simon



Juillet 2014

Références citées

- DE BON, H., PARROT L., MOUSTIER P. 2009. "Sustainable urban agriculture in developing countries: A review." *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 21-32.
- DE BON, H., HUAT J., PARROT L., SINZOGAN A., MARTIN T., VAYSSIÈRES J.F., MALÉZIEUX E. 2014. "Pesticide risks from fruit and vegetable pest management by small-farmers in sub-Saharan Africa. A review." *Agronomy for Sustainable Development*. Sous presse.
- HOUNDETE T. A., KETOH G. K., HEMA O. S. A., BREVAULT T., GLITHO I. A., MARTIN T. 2010. "Insecticide resistance in field populations of Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa." *Pest Management Science*, 66 (11) : 1181-1185.
- JANNOYER M. 2010. « Évaluation de la performance des systèmes horticoles : quels outils ? » Séminaire d'unité HortSys, Faveyroles, 28 juin-2 juillet 2010.
- MARTIN T., ASSOGBA-KOMLAN F., HOUNDETE T., HOUGARD J. M., CHANDRE F. 2006. "Efficacy of mosquito netting for sustainable small holders' cabbage production in Africa." *Journal of Economic Entomology*, 99 (2) : 450-454.
- MARTIN T., PALIX R., KAMAL A., DELETRE E., BONAFOS R., SIMON S., NGOUAJIO M. 2013. "A Repellent Net as a New Technology to Protect Cabbage Crops." *Journal of Economic Entomology*, 106 (4) : 1699-1706.

Co-conception, mise en œuvre et évaluation de systèmes de cultures maraîchers écologiquement innovants à La Réunion

Jean-Philippe Deguine

Introduction p. 56

État des lieux et conception de nouveaux systèmes de cultures p. 58

Mise en œuvre des systèmes de cultures en milieu producteur p. 61

Résultats scientifiques, techniques,
écologiques et socio-économiques p. 63

Leçons et perspectives p. 67

Références citées p. 68

Introduction

À la fin des années 2000, à La Réunion, malgré l'utilisation systématique et massive d'insecticides chimiques, les mouches des légumes causent d'importants dégâts sur les cultures de cucurbitacées, pouvant aller jusqu'à 100 % de pertes de production.

Devant ce constat, un projet pionnier de recherche-développement appelé GAMOUR (Gestion agro-écologique des mouches des légumes à La Réunion) a été co-conçu avec la finalité de résoudre ce problème et de contribuer au développement d'une agriculture durable, productive et saine à La Réunion. Ce projet s'est appuyé sur les principes de la protection agro-écologique des cultures (PAEC), décrite par Deguine *et al.* (2008).

Quelques caractéristiques de la protection agro-écologique des cultures

Enjeu premier — Durabilité écologique des agro-écosystèmes.

Méthodes — Ordre : cinq étapes (prévention en premier, chimie en dernier si nécessaire), trois piliers (prophylaxie, lutte biologique de conservation, gestion des habitats).

Changement d'échelles — Espace (terroir, village, cirque), temps (pas sur un cycle de cultures, mais sur plusieurs mois ou années), gestion (concertée).

Enjeux méthodologiques — Prise d'information locale, prise de décision élargie, recherche cognitive + intégrative, tests avec et par les agriculteurs (en milieu producteur).

Échanges dans la co-conception — Sensibilisation, adhésion, discussion, adaptation préalables (agriculteurs, partenaires).

Ce chapitre présente l'expérience collective qui s'est déroulée, de 2009 à 2011, dans le cadre de ce projet. Les partenaires réunionnais de la recherche, de l'expérimentation, de la formation et du développement agricoles (ARMEFLHOR, Chambre d'agriculture de La Réunion, Cirad, FARRE Réunion, FDGDON, GAB, BSA, IUT Saint-Pierre, DAAF, Takamaka Industries, VIVEA, etc.) se sont rassemblés pour co-concevoir, avec les producteurs et leurs organisations professionnelles, des systèmes de culture maraîchers innovants, écologiquement intensifs et durables, et économiquement performants. Les autres acteurs majeurs de cette expérience collective sont évidemment les agriculteurs (une trentaine) qui se sont impliqués dans la conception, la mise en œuvre sur le terrain et l'évaluation écologique et socio-économique des pratiques innovantes.

Le présent chapitre ne s'attache pas aux mécanismes ou aux concepts de la protection agro-écologique des cultures, largement détaillés dans d'autres écrits. Il met l'accent sur la prise en compte des interactions (entre acteurs, entre disciplines scientifiques, entre approches agronomiques, entre objectifs, etc.), de la complexité (du milieu agricole hétérogène, des acteurs rencontrés) et des expériences précédentes ou étrangères. En particulier, le caractère novateur de la démarche du projet a été particulièrement fédérateur. Aucune tentative n'avait été lancée auparavant en milieu producteur, en mettant en avant les principes agro-écologiques et en remettant en cause (et en les plaçant en dernier ressort) les pratiques agrochimiques curatives, systématiquement utilisées depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs pilotes participant au projet, souvent confrontés à des impasses socio-économiques, se sont montrés particulièrement intéressés et motivés par la tentative d'une voie nouvelle appliquée sur le terrain : la voie agro-écologique.

Nous mettrons aussi l'accent sur des regards croisés entre les aspects relatifs à la conception des systèmes de cultures, aux connaissances bioécologiques, à la mise au point des techniques et aux performances écologiques et socio-économiques. Le projet GAMOUR a également pris en compte les spécificités du milieu tropical et insulaire, particulièrement favorables au développement des ravageurs comme les mouches des légumes.

État des lieux et conception de nouveaux systèmes de cultures

Malgré certaines études antérieures (Vayssières, 1999), en 2008, lors du démarrage du plan ECOPHYTO-DOM 2018, les mouches des légumes — trois espèces de *Dacinae* (*Tephritidae*), *Bactrocera cucurbitae* (Coquillet), *Dacus* (*Didacus*) *ciliatus* Loew et *Dacus demmerezi* (Bezzi) — sont considérées comme les ravageurs numéro un de l’agriculture réunionnaise. Les dégâts engendrés se traduisent par d’importantes pertes de production au champ, atteignant souvent 100 %, et par des réductions d’année en année des surfaces emblavées en cucurbitacées (courgette, citrouille, concombre, chouchou, etc.).

Dans le domaine de la protection des cultures, le plan national ECOPHYTO 2018, faisant suite au Grenelle de l’environnement lancé en 2007, prévoyait d’ici 2018 une réduction de 50 % des pesticides utilisés et le développement de l’agriculture biologique. Le projet GAMOUR répondait, lors de sa conception, à ces enjeux, même si son objectif premier était de proposer des pratiques durables sur le plan écologique, tout en restant performantes sur le plan économique.

La conception d’un tel projet nécessitait un ancrage des acteurs dans la complexité des enjeux, la diversité des situations et les interactions (techniques, écologiques, sociales, sanitaires et économiques) : systèmes de cultures (cucurbitacées), situations pédoclimatiques ; acteurs ou domaines (recherche → développement) ; objectifs, certains communs (résoudre le problème de mouches), d’autres spécifiques aux différents acteurs ; domaines scientifiques.

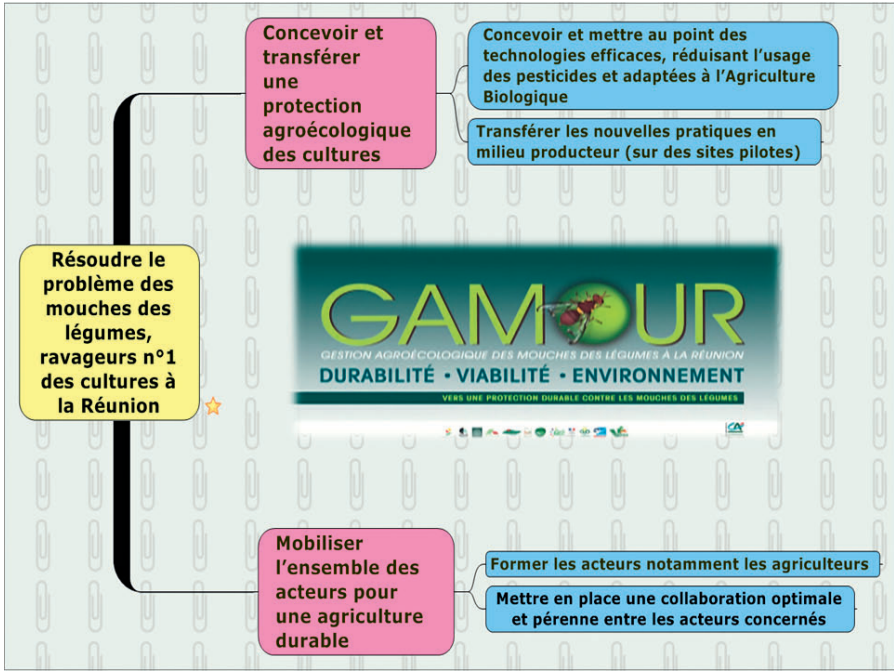
Les éléments de la conception des systèmes de cultures innovants ont reposé sur :

- la littérature scientifique et technique,
- les dires d’experts,
- les expériences des agriculteurs,
- les expériences étrangères (Hawaii),
- les échanges scientifiques.

Ils se sont aussi appuyés fortement sur la sensibilisation des acteurs publics (décideurs) et sur l’implication des agriculteurs pilotes et volontaires. Des études préliminaires ont eu lieu en amont du projet GAMOUR : étude des zones d’expérimentation, étude de la perception et des attentes des acteurs (par exemple étude sur 129 personnes interrogées de mi-décembre 2008 à début janvier 2009 à l’Entre-Deux : agriculteurs, habitants, touristes).

Le projet a ensuite été rédigé, soumis à un appel à projets (Casdar 2009) et accepté. Les éléments de conception du projet ont clairement précisé : objectif général et objectifs spécifiques (figure ci-dessous) ; choix des indicateurs de suivi et d’évaluation (techniques, environnementaux, économiques, écologiques, sanitaires) ; calendrier sur trois ans ; méthodologie (encadré page suivante).

Finalité et objectifs du projet GAMOUR



Recomposer
9 4 14

Méthodologie du projet GAMOUR

Bio-écologie, techniques de protection

- Essais et tests en milieu producteur, en cages et en laboratoire,
- réseau de piégeage.

Socio-économie

- Suivi technico-économique,
- une vingtaine de comparaisons,
- enquête de satisfaction.

Itérations dans l'innovation

- Avec les acteurs (agriculteurs, privés et particuliers, organisation de producteurs...)

Des rencontres et des points d'étapes

- Très nombreux : réunions par action, réunions trimestrielles, visites de terrain, comités de pilotage, séminaire final, etc.

Sur le terrain, les méthodes de l'étude ont consisté en : (i) des expérimentations en plein champ d'efficacité des techniques ; (ii) un suivi des populations des mouches dans les sites ; (iii) un suivi technique des parcelles et des exploitations ; (iv) une enquête de perception auprès des agriculteurs concernés.

Mise en œuvre des systèmes de cultures en milieu producteur

Carte d'identité du projet GAMOUR

Titre — Conception, mise au point et transfert en milieu producteur de technologies innovantes dans un cadre participatif. Application à l'agriculture biologique.

Organisme porteur — Chambre d'agriculture de La Réunion.

Chef de projet — Jean-Philippe Deguine (Cirad).

Coordinateur technique — Pascal Rousse (Chambre d'agriculture).

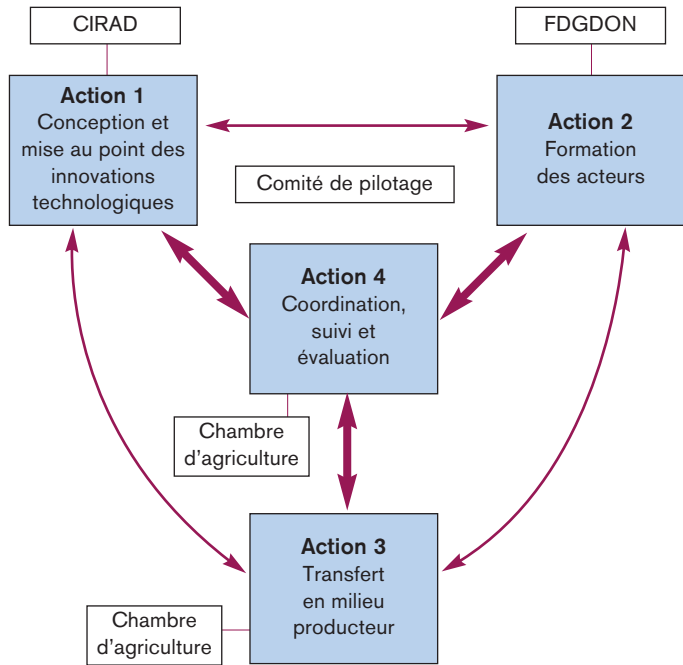
Financement — Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Casdar), État, Conseil régional, Conseil général, Union européenne.

Durée — Trois ans (2009-2011).

Montant — 472 k€ (Casdar), 942 k€ (autres concours financiers).

La mise en œuvre du projet s’est appuyée sur une organisation en actions et une coordination technique adaptées au contexte (figure ci-dessous).

Organisation en actions
et coordination du projet GAMOUR



Le choix des sites pilotes, reposant sur des critères précis (motivation des agriculteurs, caractéristiques des sites), a permis de retenir trois villages (environ cinquante hectares) rassemblant une trentaine d’agriculteurs et cinq exploitations certifiées en agriculture biologique (AB). Sur chaque site, les parcelles ont été cartographiées.

Résultats scientifiques, techniques, écologiques et socio-économiques

Biologie et écologie des mouches des légumes

De nombreuses connaissances sur la biologie et l’écologie des trois espèces de mouches des légumes ont été acquises au cours du projet GAMOUR. Ainsi, les activités circadiennes de chacune des espèces de mouches ont été décrites. Par ailleurs, les caractéristiques des mouches (fluctuations saisonnières, abondance relative, *sex ratio*) ont été étudiées et se révèlent très variables en fonction des facteurs biotiques et abiotiques. Pour acquérir ces connaissances, une méthode nouvelle d’observation des adultes *in situ* a été mise au point.

Systèmes de cultures et techniques agro-écologiques de gestion des mouches

En s’inspirant de méthodes existantes à Hawaïi et de l’approche agro-écologique en protection des cultures, plusieurs techniques ont été mises au point et se sont révélées efficaces en milieu producteur, dont : (i) la prophylaxie en utilisant un dispositif appelé augmentorium (encadré page suivante) ; (ii) l’implantation de bordures de maïs autour des parcelles permettant de piéger les mouches ; (iii) l’utilisation d’un appât adulticide (Syneïs-appât) permettant de supprimer les mouches sur les bordures. D’autres techniques (piégeage sexuel sans insecticide, couverts végétaux) ont été testées et sont encore en cours de développement.

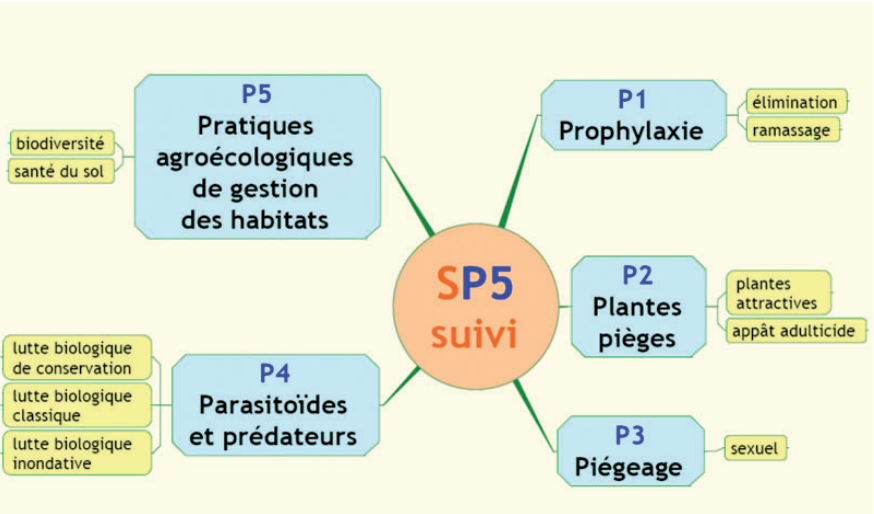
Augmentorium

Il s’agit d’une structure ressemblant à une tente dans laquelle on dépose régulièrement les fruits piqués, infestés ramassés au champ.
L’augmentorium empêche ainsi une ré-infestation de l’agro-écosystème par une nouvelle génération de mouches qui émergent dans l’augmentorium.
Par ailleurs, un filet à la maille adaptée, placé sur le toit de l’augmentorium, permet de relâcher dans la nature les parasitoïdes des mouches

Transfert en milieu producteur d’un paquet technique, supprimant tout insecticide sur la culture de cucurbitacées, compatible avec l’agriculture biologique

Le paquet technique, appelé SP5 (figure page suivante en haut), intégrant ces différentes techniques, a été testé dans les sites pilotes du projet qui s’inscrit parfaitement dans la dynamique du plan ECOPHYTO.
L’évaluation socio-économique se révèle très satisfaisante : suppression de l’application d’insecticides sur les cultures de cucurbitacées ; économies monétaires substantielles ; réduction des temps de travaux de protection phytosanitaire (figure page suivante en bas).

Paquet technique SP5 testé et transféré en milieu producteur



Suppression des insecticides appliqués sur les cultures de cucurbitacées avec le paquet technique SP5

Protection	Chimique	Agro-écologique
Nombre de traitements par semaine	1,5	2*
Produit commercial	Cyperfor-Danadim	Syneïs-appât
Matières actives	Cypermethrine-dimethoate	Spinosad
Dose de m.a. par semaine	45 + 450 g/ha	0,008 g/ha
Localisation du traitement	Sur tous les plants cultivés	Par tache sur des plantes refuges
Temps pour traiter un hectare par semaine	4,5 heures	1 heure

* Peut être réduit à une application par semaine.

Appropriation par les agriculteurs des nouvelles techniques

Le bilan de l'appropriation des agriculteurs a été réalisé à partir d'entretiens menés auprès de l'ensemble des maraîchers des trois sites pilotes. Les techniques nouvelles qui ont été proposées confirment en milieu producteur l'efficacité qui avait été montrée en conditions contrôlées et les agriculteurs les ont rapidement adoptées. En particulier, l'utilisation de bordures de maïs (en tant que plante piège) autour des parcelles, permet de concentrer à plus de 95 % les populations de mouches. Celles-ci peuvent être alors efficacement gérées avec des appâts adulticides. La technique de piégeage sexuel de masse (sans insecticide) se révèle efficace pour les mâles de deux des trois espèces de *Tephritidae* concernées. Les agriculteurs se sont rapidement approprié ces techniques nouvelles. Par exemple, la prophylaxie est très appréciée et régulièrement pratiquée au moyen d'un augmentorium.

Le bilan de l'appropriation des agriculteurs a été réalisé à partir d'entretiens menés auprès de l'ensemble des maraîchers des trois sites pilotes du projet GAMOUR (Busnel et Augusseau, 2011). Les résultats mettent en évidence :

- (i) une satisfaction globale des agriculteurs à la fois sur l'efficacité de la stratégie et la facilité de mise en œuvre des techniques proposées ;
- (ii) un bilan plus mitigé de l'appropriation de la stratégie de lutte qui vise à passer d'une logique curative à une logique de contrôle de la pression des mouches.

Information et diffusion des savoirs

Le projet a été à l'origine d'une production scientifique et technique importante (publications, communications dans des congrès, posters) ; des sessions de formation ont été données ; de nombreux étudiants ont été encadrés ; des enseignements (du lycée agricole au niveau master 2) ont été dispensés ; un module d'enseignement universitaire à distance, dont une importante partie est consacrée à GAMOUR, a été financé par l'UVED (Université virtuelle environnement et développement durable) ; des fiches techniques, des DVD et des livrets de formation ont été conçus et distribués ; un séminaire final du projet a été organisé et a donné lieu à des actes.

Retombées chez les acteurs et amélioration de l'image de l'agriculture réunionnaise

- Des agriculteurs aux compétences améliorées, ayant acquis de nouvelles connaissances et aptes à appliquer un programme original de protection des cultures.
- Un partenariat efficace et durable.
- Apparition de produits nouveaux sur le marché de la protection des cultures.
- Amélioration de l'image de l'agriculture réunionnaise.
- Contribution au développement de l'agriculture biologique.
- Une distinction nationale pour GAMOUR.
- Des leçons génériques pour d'autres projets de recherche-développement.

Leçons et perspectives

Des leçons pour d'autres projets agro-écologiques

Dans la dynamique du plan ECOPHYTO, GAMOUR a contribué à proposer au monde agricole réunionnais et national une protection agro-écologique des cultures efficace, moins chère et respectueuse de l'environnement et de la santé.

Maintenant que les techniques de protection agro-écologique se sont montrées efficaces et transférables, l'après-projet consiste à envisager la vulgarisation de la protection agro-écologique à l'ensemble des producteurs maraîchers de l'île. La dynamique agro-écologique engagée à La Réunion est aussi appelée à être adaptée à d'autres productions horticoles, comme la tomate, les agrumes ou la mangue. GAMOUR a permis d'élaborer une grille d'indicateurs socio-économiques et environnementaux pour le pilotage d'expériences ultérieures.

Déjà, des demandes pour d'autres initiatives sont affichées. C'est notamment le cas du projet Biophyto, visant à produire de la mangue sans insecticide à La Réunion.

Ce projet (sur financement CASDAR) a été lancé en 2012 et surfe sur la vague agro-écologique de l'agriculture réunionnaise.

Références citées

■ BUSNEL J., AUGUSSEAU X. 2011. *Analyse de l'évaluation du projet GAMOUR et de l'appropriation des pratiques par les maraîchers des zones pilotes*. Stage de césure. AgroParisTech, Paris, France.

■ DEGUINE J.-P., FERRON P., RUSSELL D. 2008. *Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie*. Éditions Quae, Versailles.

■ VAYSSIÈRES J.-F. 1999. *Les Relations plantes-insectes chez les Dacini (Diptera-Tephritidae) ravageurs des Cucurbitaceae à La Réunion*. Thèse de Doctorat. Université Paris XII, France.

Concevoir et évaluer des systèmes de cultures écologiquement innovants : regards croisés horticulture-grandes cultures

Muriel Valantin-Morison

1. Éléments clés de la démarche de conception innovante en grandes cultures p. 70

2. Les nouvelles questions posées par les systèmes de culture horticoles p. 76

Références citées p. 82